



⑮ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 100 37 380 A 1**

⑤ Int. Cl.⁷:
G 01 N 27/74
G 01 N 25/18
G 01 N 27/18

⑳ Aktenzeichen: 100 37 380.1
㉔ Anmeldetag: 1. 8. 2000
㉕ Offenlegungstag: 17. 5. 2001

DE 100 37 380 A 1

⑥⑧ Innere Priorität:
199 52 373. 8 30. 10. 1999
⑦① Anmelder:
Dräger Medizintechnik GmbH, 23558 Lübeck, DE

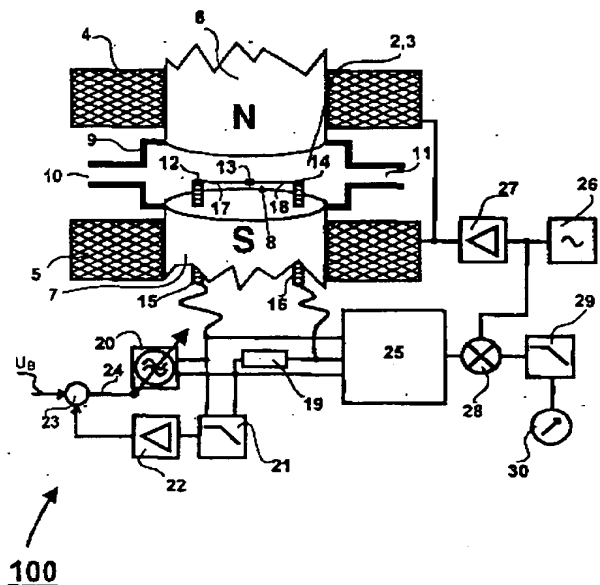
⑦② Erfinder:
Stark, Hartmut, 23617 Stockelsdorf, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ **Vorrichtung und Verfahren zum Messen der Konzentration eines paramagnetischen Gases**

⑤⑦ Eine Vorrichtung zum Messen der Konzentration eines paramagnetischen Gases in einer Gasprobe soll derart verbessert werden, daß sich ein Meßsignal mit geringem Störanteil ergibt. Die erfindungsgemäß vorgeschlagene Vorrichtung ist gekennzeichnet durch eine modulierbare Magnetfeldquelle (4, 5, 6, 7) mit einem Luftspalt (3) als Meßkammer zur Aufnahme der Gasprobe, eine Modulationsquelle (26) zur Abgabe eines Modulationssignals an die Magnetfeldquelle (4, 5, 6, 7), ein innerhalb des Luftspaltes (3) angeordnetes, auf eine Arbeitstemperatur aufgeheiztes, Meßelement (8) zur Abgabe eines Wärmefluß-Meßsignals, eine Filtereinrichtung (28, 29) zum Abtrennen von periodischen Schwankungen aus dem Wärmefluß-Meßsignal aufgrund der Modulation der Magnetfeldquelle, wobei die Amplitude der periodischen Schwankungen ein Maß für den Anteil des Gases in der Gasprobe ist (Figur 1).



DE 100 37 380 A 1

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Messen der Konzentration eines paramagnetischen Gases in einer Gasprobe, insbesondere von Sauerstoff im Atemgas.

Aus der Publikation H. Torwegge, Die Einwirkung magnetischer Felder auf das Wärmeleitvermögen von NO und NO₂, Annalen der Physik 5. Folge, Band 33, 1938, S. 459-470, ist bekannt, daß paramagnetische Gase ihre Wärmeleitfähigkeit unter dem Einfluß magnetischer Felder ändern. Die Ursache für dieses Verhalten ist offenbar die Tatsache, daß paramagnetische Gase ein permanentes magnetisches Moment besitzen, das jedoch normalerweise, aufgrund der thermischen Molekularbewegung der Gasmoleküle, nach außen nicht in Erscheinung tritt. Diese Verhältnisse ändern sich, wenn ein ausreichend starkes, externes Magnetfeld dafür sorgt, daß die magnetischen Momente der Einzelmoleküle ausgerichtet werden. Dieses bewirkt zum einen eine Änderung der Suszeptibilität, was eine Erhöhung des magnetischen Flusses zur Folge hat, zum anderen stellt sich eine gewisse Molekülordnung im Gas ein, wodurch die Möglichkeit, über Stöße Wärmeenergie an benachbarte Moleküle zu übertragen, eingeschränkt wird. Dadurch verändert sich die Wärmeleitfähigkeit in geringem Maße.

Bei der bekannten Vorrichtung befindet sich die zu untersuchende Gasprobe in einem zylindrischen Gefäß, in dessen Längsachse ein dünner, auf eine Arbeitstemperatur aufgeheizter Meßdraht angeordnet ist. Ändert sich durch ein äußeres Magnetfeld die Wärmeleitfähigkeit des Gases, so bewirkt diese eine Widerstandsänderung des Meßdrahtes, welche mit einer Meßbrücke bestimmt werden kann.

Nachteilig bei der bekannten Vorrichtung ist, daß wegen der notwendigen Präzision bei der Erfassung von Temperaturänderungen des Meßdrahtes, sehr hohe Anforderungen an die Widerstandsmessung gestellt werden müssen. So ist es nicht möglich, das eigentliche Meßsignal eindeutig von den immer vorhandenen Störgrößen und Drifteinflüssen zu trennen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung der genannten Art derart zu verbessern, daß die das Meßsignal beeinträchtigenden Störgrößen weitgehend eliminiert sind und ein Verfahren zur Durchführung der Messung anzugeben.

Die Lösung der Aufgabe für die Vorrichtung erfolgt mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1. Die Aufgabe wird auch mit den Merkmalen der Patentansprüche 16, 19, 21 und 22 gelöst.

Die Lösung der Aufgabe für das Verfahren erfolgt mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1.

Bei der erfindungsgemäßen Meßvorrichtung wird das auf die Arbeitstemperatur aufgeheizte Meßelement in einem modulierten Magnetfeld angeordnet, und es werden die periodischen Schwankungen des am Meßelement entstehenden Wärme fluß-Meßsignals ausgewertet, die sich aufgrund der Modulation der Magnetfeldquelle einstellen. Die periodischen Schwankungen des Wärme fluß-Meßsignals lassen sich besonders einfach mittels einer Filtereinrichtung von dem Grundsignal abtrennen. Durch die selektive Auswertung der periodischen Schwankungen wird eine weitgehende Elimination von Störeinflüssen erreicht, da Drift- und Temperatureffekte überwiegend im Gleichanteil des Wärme fluß-Meßsignals enthalten sind.

Der auszuwertende Wärme fluß, d. h. die vom Meßelement an die Gasprobe abgeführte Wärmemenge, setzt sich aus der Wärmeleitung und der Wärmekapazität der Gasprobe zusammen und ist vom Anteil des paramagnetischen Gases abhängig.

Das Magnetfeld kann mechanisch, beispielsweise mit rotierenden Permanentmagneten, oder elektrisch moduliert werden. Für die elektrische Modulation eignen sich besonders gut obertonarme Wechselspannungen, wie zum Beispiel Sinusspannungen.

Besonders vorteilhaft ist es, anstelle einer einzigen Magnetfeldquelle zwei modulierbare Magnetfeldquellen zu verwenden und diese im Wechselspiel mit der Modulationsquelle zu verbinden, so daß jeweils immer eine Magnetfeldquelle stromfrei und die andere mit dem Modulationsstrom beaufschlagt ist. Innerhalb der Luftspalte der Magnetfeldquellen ist das Meßelement angeordnet, das für den Fall einer Thermoelementanordnung gegenüberliegende erste und zweite Verbindungsstellen besitzt. Je nach Strombeaufschlagung der Magnetfeldquellen wirken die Verbindungsstellen, die auf die gleiche, gegenüber der Temperatur der Gasprobe erhöhte Arbeitstemperatur aufgeheizt sind, als Meß- und Kompensationselement. Bei Anwesenheit eines paramagnetischen Gases in der durch die Luftspalte gebildeten Meßkammer vermindert sich im Luftspalt der strombeaufschlagten Magnetfeldquelle die Wärmeleitung, was eine entsprechende Temperaturerhöhung zur Folge hat und zu einer Differenztemperatur zwischen den Verbindungsstellen führt. Diese Differenztemperatur ist als Thermoelementspannung meßbar. Besonders vorteilhaft ist, daß sich Schwankungen der Wärmeleitung des Gasprobenstroms auf beide Verbindungsstellen gleich auswirken und damit kompensiert werden.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Für die Messung des Wärme flusses vom Meßelement an die Gasprobe hat sich eine Anordnung aus einem oder mehreren Thermoelementen als besonders vorteilhaft erwiesen, die im Luftspalt innerhalb des Magnetfeldes plaziert sind. Bei einer Thermoelementanordnung mit drei Verbindungsstellen befindet sich beispielsweise eine der Verbindungsstellen in der Drahtmitte, während die beiden anderen Verbindungsstellen an den zu der Thermoelementanordnung führenden Stützdrähten angeordnet sind. Wird nun die Thermoelementanordnung mittels einer Wechselstromquelle auf eine gegenüber der Temperatur der Gasprobe erhöhte Arbeitstemperatur aufgeheizt, so erwärmen sich hierbei die Stützdrähte nur unwesentlich, da sie wesentlich stärker als der Thermoelement-Draht dimensioniert sind. Damit befinden sich die an den Stützdrähten angebrachten Verbindungsstellen näherungsweise auf dem Umgebungstemperatur-Niveau. Die Thermoelementspannung, als Eigen-EMK der Thermoelementanordnung, ist damit der Arbeitstemperatur des Thermoelement-Drahtes proportional. Da die Thermoelementspannung von der Stärke des Magnetfeldes im wesentlichen unbeeinflusst bleibt, wird die Temperaturmessung nicht durch die Magnetfeld-Modulation gestört.

Besonders vorteilhaft ist es, die Thermoelementspannung zur Regelung der Wechselstromquelle heranzuziehen. Wird die Temperaturdifferenz zwischen der Thermoelementanordnung und der zu untersuchenden Gasprobe auf einen konstanten Wert geregelt, dann entspricht die dafür erforderliche elektrische Leistung der durch Wärmeleitung in die Gasprobe und über die Stützdrähte abgeführten Wärmemenge.

Als Alternative zur Regelung auf eine konstante Temperaturdifferenz zwischen der Thermoelementanordnung und der Gasprobe können die in der Thermoelementanordnung umgesetzte elektrische Leistung, der Heizwechselstrom, die Heizwechselspannung oder der ohmsche Widerstand der Thermoelementanordnung konstant gehalten und die sich dabei einstellende Thermoelementspannung als Wärme fluß-Meßsignal weiterverarbeitet werden.

Neben der elektrischen Modulation der Magnetfeldquelle besteht die Möglichkeit, das Magnetfeld mit einer innerhalb des Luftspaltes angeordneten, rotierenden Chopperscheibe aus weich- oder permanent magnetischem Material zu verändern.

Ein vorteilhaftes Verfahren zum Messen des Anteils eines paramagnetischen Gases in einer Gasprobe besteht darin, in einem die Gasprobe aufnehmenden Luftspalt einer modulierten Magnetfeldquelle ein auf eine Arbeitstemperatur aufgeheiztes Meßelement anzuordnen, ein Wärmeflußmeßsignal aus dem Wärmefluß vom Meßelement an die Gasprobe zu bestimmen, mit einer Filtereinrichtung periodische Schwankungen aus dem Wärmefluß-Meßsignal abzutrennen, die durch die Modulation der Magnetfeldquelle verursacht sind und aus den periodischen Schwankungen einen den Anteil des Gases in der Gasprobe angegebenden Konzentrations-Meßwert zu bestimmen.

Besonders vorteilhaft lassen sich mit der erfindungsgemäß angegebenen Vorrichtung Sauerstoffkonzentrationen in medizinischen Therapiegeräten bestimmen, da, im Gegensatz zu den hier üblicherweise verwendeten elektrochemischen Sensoren, das Meßelement keinem Verschleiß unterliegt und damit eine fast unbegrenzte Lebensdauer hat.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Figur dargestellt und im folgenden näher erläutert.

Es zeigen

Fig. 1 schematisch den Aufbau eines paramagnetischen Gassensors in einer ersten Meßvorrichtung,

Fig. 2 schematisch eine zweite Meßvorrichtung,

Fig. 3 schematisch eine dritte Meßvorrichtung,

Fig. 4 schematisch eine vierte Meßvorrichtung,

Fig. 5 schematisch eine fünfte Meßvorrichtung,

Fig. 6 schematisch eine sechste Meßvorrichtung mit einem Thermopile als Meßfühler,

Fig. 7 eine siebte Meßvorrichtung als Alternative zur zweiten Meßvorrichtung,

Fig. 8 eine achte Meßvorrichtung mit zwei Magnetfeldquellen,

Fig. 9 eine neunte Meßvorrichtung als Alternative zur Meßvorrichtung nach der Fig. 8,

Fig. 10 eine zehnte Meßvorrichtung mit einem separaten Heizelement für die Thermoelementanordnung,

Fig. 11 eine elfte Meßvorrichtung als alternative Meßvorrichtung zur Fig. 10,

Fig. 12 eine zwölfte Meßvorrichtung mit zwei Heizelementen als Meßelement.

Fig. 1 zeigt schematisch den Aufbau einer ersten Meßvorrichtung 100, bei dem in einem als Meßkammer 2 ausgebildeten Luftspalt 3 einer Magnetfeldquelle, bestehend aus Feldspulen 4, 5 und Polschuhen 6, 7 ein Thermoelement 8 angeordnet ist. Die Meßkammer 2 wird durch die Polschuhe 6, 7 und durch eine zwischen den Polschuhen 6, 7 befindliche Wandung 9 mit einem Meßkammereingang 10 und einem Meßkammerausgang 11 begrenzt. Das Thermoelement 8 mit den Verbindungsstellen 12, 13, 14 ist an zwei durch den unteren Polschuh 7 hindurchgeführten Stützdrähten 15, 16 befestigt, wobei sich die Verbindungsstellen 12, 14 an den Stützdrähten 15, 16 befinden, während die Verbindungsstelle 13 etwa in der Mitte des Thermoelementes 8 angeordnet ist. Das Thermoelement 8 besteht aus zwei Teildrähten 17, 18, die an der Verbindungsstelle 13 zusammenstoßen. Das Thermoelement 8 ist über einen Vorschaltwiderstand 19 an eine Wechselstromquelle 20 angeschlossen und wird von dieser auf eine gegenüber der Temperatur der in der Meßkammer 2 befindlichen Gasprobe erhöhte Arbeitstemperatur aufgeheizt. Bei dieser Beschaltung des Thermoelementes 8 liegt an den Stützdrähten 15, 16 ein Wechselspannungssignal an, dem die Eigen-EMK des Thermoelementes 8, im

folgenden mit Thermoelementspannung bezeichnet, überlagert ist. Die Thermoelementspannung wird mittels eines Tiefpasses 21 aus dem Wechselspannungssignal herausgefiltert, mit einem Verstärker 22 auf einen größeren Signalpegel angehoben und als Regelgröße an einer Vergleichsstelle 23 mit einer Bezugsspannung U_B verglichen, die als ein Temperatur-Sollwert proportional zur Arbeitstemperatur des Thermoelementes 8 ist. Das am Ausgang 24 der Vergleichsstelle 23 entstehende Differenzsignal aus verstärkter Thermoelementspannung und Bezugsspannung U_B wird als Stellgröße der Wechselstromquelle 20 zugeführt.

Das Thermoelement 8 mit Vorschaltwiderstand 19, der Tiefpaß 21, der Verstärker 22, die Vergleichsstelle 23 und die Wechselstromquelle 20 bilden zusammen einen ersten Regelkreis, mit dem die Temperatur des Thermoelementes 8 auf einen konstanten Wert geregelt wird.

Die Messung der Arbeitstemperatur mit dem Thermoelement 8 ergibt sich daraus, daß die Verbindungsstelle 13 des Thermoelementes 8 die Temperatur in der Drahtmitte erfaßt, während sich die Verbindungsstellen 12, 14 an den wesentlich stärker dimensionierten Stützdrähten 15, 16 befinden, die durch den Heizstrom kaum erwärmt werden und sich außerdem in direktem thermischem Kontakt mit dem Polschuh 7 und damit auf Umgebungstemperaturniveau befinden.

Der am Vorschaltwiderstand 19 entstehende Spannungsabfall, der dem durch das Thermoelement 8 fließenden Wechselstrom proportional ist, und das an den Stützdrähten 15, 16 anliegende Wechselspannungssignal werden einem Leistungsmeßgerät 25 zugeführt, mit dem die dem Thermoelement 8 zugeführte elektrische Leistung bestimmt wird.

Die Wärmeleistungsmessung mit dem Thermoelement 8 wird unter dem Einfluß eines sich periodisch verändernden Magnetfeldes durchgeführt. Hierzu ist eine Modulationsquelle 26 über einen Leistungsverstärker 27 mit den Feldspulen 4, 5 verbunden. Die Modulationsquelle 26 gibt als Modulationssignal eine sinusförmige Spannung an die Feldspulen 4, 5 ab. Durch das modulierte Magnetfeld ergeben sich periodische Schwankungen der vom Thermoelement 8 an die Gasprobe abgeführten Wärmemenge, die von der Konzentration des nachzuweisenden paramagnetischen Gases abhängig ist. Diese periodischen Schwankungen sind dem Grundsinal des Wärmeflusses überlagert. Die Abtrennung des sich periodisch verändernden Wärmefluß-Meßsignals von dem Wärmefluß-Grundsinal erfolgt in einem dem Leistungsmeßgerät 25 nachgeschalteten phasenempfindlichen Gleichrichter in Form eines Lock-In-Verstärkers 28, der als weiteres Eingangssignal das Modulationssignal der Modulationsquelle 26 erhält. Durch die multiplikative Verknüpfung des Modulationssignals mit dem Meßsignal fällt am Ausgang des Lock-In-Verstärkers 28 das sich mit der Modulation der Feldspulen 4, 5 periodisch verändernde Wärmefluß-Meßsignal als Gleichspannung an, dem ein

Wechselspannungsanteil überlagert ist. Dieser Wechselspannungsanteil kann durch eine Glättungseinrichtung 29 eliminiert werden, so daß von einer Anzeigeeinrichtung der Gleichspannungsanteil und damit ein von der Konzentration des paramagnetischen Gases in der Gasprobe abhängiger Meßwert angezeigt wird.

Bei einer in der Fig. 2 gezeigten zweiten Meßvorrichtung wird, gegenüber der ersten Meßvorrichtung 100, mit einem zweiten Regelkreis 8, 19, 20, 21, 22, 23, 25 eine Konstantregelung der im Thermoelement 8 umgesetzten Leistung vorgenommen. Hierzu wird das Ausgangssignal des Leistungsmeßgerätes 25 als Regelgröße der Vergleichsstelle 23 zugeführt. Der an dem Thermoelement 8 entstehenden Spannung wird mittels eines Tiefpasses 31 der durch die Wechselstromquelle 20 verursachte Wechselspannungsanteil entzogen, bevor sie an den Lock-In-Verstärker 28 gelangt.

Die in der Fig. 3 veranschaulichte dritte Meßvorrichtung 300 unterscheidet sich von den Meßvorrichtungen 100, 200 durch eine Konstantregelung des durch das Thermoelement 8 fließenden Heizstromes mittels eines dritten Regelkreises 8, 19, 20, 21, 22, 23, 33. Als eine dem Heizstrom proportionale Größe wird die an dem Vorschaltwiderstand 19 abfallende Spannung mittels der Diode 33 gleichgerichtet, mit dem Tiefpass 21 gefiltert und als Regelgröße zur Vergleichsstelle 23 gegeben.

Bei einer in der Fig. 4 gezeigten vierten Meßvorrichtung 400 wird mit einem vierten Regelkreis 8, 20, 21, 22, 23, 33 eine Konstantregelung der am Thermoelement 8 anliegenden Heizspannung vorgenommen. Gleiche Komponenten sind mit gleichen Bezugsziffern der Fig. 2 und 3 versehen.

In der Fig. 5 ist eine fünfte Meßvorrichtung 500 mit einem fünften Regelkreis 8, 19, 20, 21, 23, 42 gezeigt, bei der die Temperatur des Thermoelementes 8 durch Regelung des Thermoelementwiderstandes auf einem konstanten Wert gehalten wird. Dazu wird der Widerstand des Thermoelementes 8 mit einer Widerstandsmeßeinrichtung 42 ermittelt und als Regelgröße an die Vergleichsstelle 23 weitergeleitet.

Fig. 6 zeigt ausschnittsweise eine sechste Meßvorrichtung 600, bei der gleichartige Thermoelemente 8 zu einem Thermopile 34 zusammengefügt sind mit Verbindungsstellen 35 an der Unterseite und Verbindungsstellen 36 an der Oberseite. Der besseren Übersicht wegen sind in der Fig. 6 nur einige der Verbindungsstellen 35, 36 mit Bezugsziffern versehen. Die Verbindungsstellen 35 an der Unterseite befinden sich in thermischem Kontakt mit dem Polschuh 7 und damit auf Umgebungstemperaturniveau, während die Verbindungsstellen 36 auf die Arbeitstemperatur aufgeheizt sind.

Gegenüber einer Anordnung mit einzelnen Thermoelementen ergibt das Thermopile 34 ein wesentlich höheres Temperatursignal und damit für die Messung der Gas-Konzentration ein deutlich verbessertes Signal-Rausch-Verhältnis.

Eine gegenüber der zweiten Meßvorrichtung 200, Fig. 2, verbesserte Möglichkeit zur Elimination der Heizwechselspannung besteht darin, den durch die Wechselstromquelle 20 verursachten Wechselspannungsanteil auf der Thermoelementspannung nicht mit dem Tiefpass 31, sondern durch phasenrichtige Subtraktion der Heizspannungsanteile zu gewinnen. Eine derartige siebte Meßvorrichtung 700 ist in der Fig. 7 gezeigt.

Über einen Kondensator 37 und den Vorschaltwiderstand 19 wird das Thermoelement 8 mit dem Heizstrom versorgt. Durch Parallelschaltung eines weiteren Kondensators 38 mit einem Brückenwiderstand 39 kann nun eine Spannung gewonnen werden, die bei entsprechendem Abgleich des Brückenwiderstandes 39 in Betrag und Phase mit der über den Komponenten 8, 19 abfallenden Spannung übereinstimmt.

Durch geeignete Subtraktion der Spannungen an einem Subtrahierer 40 kann die interessierende Thermoelementspannung gewonnen werden, die nur noch einen geringen Wechselspannungsanteil enthält, der mit einer vereinfachten Filterschaltung 41 eliminiert werden kann.

Fig. 8 veranschaulicht schematisch eine achte Meßvorrichtung 800, bei der anstelle einer einzigen Magnetfeldquelle eine erste Magnetfeldquelle 51 mit einer ersten Feldspule 52, ersten Polschuhen 53 und einem ersten Luftspalt 54 und eine zweite Magnetfeldquelle 55 mit einer zweiten Feldspule 56, zweiten Polschuhen 57 und einem zweiten Luftspalt 58 vorgesehen sind. Der erste und zweite Luftspalt 54, 58 befinden sich in einer mit der zu untersuchenden Gasprobe gefüllten Meßkammer 59. Die Meßkammer 59 ist der besseren Übersicht wegen in der Fig. 8 nur durch eine

Strichlinie veranschaulicht. In der Meßkammer 59 befindet sich an zwei Stützdrähten 15, 16 eine Thermoelementanordnung 60 mit einer ersten Verbindungsstelle 61 im ersten Luftspalt 54 und einer zweiten Verbindungsstelle 62 im zweiten Luftspalt 58. Die Feldspulen 52, 56 werden über einen Umschalter 63 im Wechselspiel mit der Modulationsquelle 26 verbunden. Der Umschalter 63 wird so angesteuert, dass jeweils die positiven Halbwellen des Modulationssignals an die erste Magnetfeldquelle 51 und die negativen Halbwellen an die zweite Magnetfeldquelle 55 geleitet werden. Mit einem durch die Komponenten 19, 20, 21, 23, 42, 60 gebildeten Regelkreis wird die Temperatur der Thermoelementanordnung 60 auf einem konstanten Wert gehalten, indem der Widerstand der Thermoelementanordnung 60 mit der Widerstandsmeßeinrichtung 42 ermittelt und als Regelgröße an die Vergleichsstelle 23 weitergeleitet wird. Gleiche Komponenten sind mit gleichen Bezugsziffern der Fig. 5 versehen. Die Arbeitstemperatur der Thermoelementanordnung 60 beträgt bevorzugt etwa 100 Grad Celsius, wobei die Temperatur der zu untersuchenden Gasprobe größenordnungsmäßig im Bereich von 20 Grad Celsius liegt. Bei der achten Meßvorrichtung 800 befinden sich die Verbindungsstellen 61, 62 auf dem gleichen Temperaturniveau, so daß sich Schwankungen in der Wärmeleitung im Gasprobenstrom in erster Näherung auf die Verbindungsstellen 61, 62 gleich auswirken und damit kompensiert werden. Die Verbindungsstellen 61, 62 der Thermoelementanordnung 60 bilden jeweils, je nach Stromfluß in den Feldspulen 52, 56, ein Meßelement und ein Kompensationselement. Durch die wechselseitige Bestromung der Feldspulen 52, 56 mittels des Umschalters 63 werden Meß- und Kompensationselement zyklisch vertauscht, wobei sich das Kompensationselement in dem jeweils feldfreien Luftspalt befindet. Bei der in der Fig. 8 gezeigten Schaltstellung des Umschalters 63 ist die erste Feldspule 52 stromfrei und die zweite Feldspule 56 ist mit der Modulationsquelle 26 verbunden. Damit ist die erste Verbindungsstelle 61 das Kompensationselement und die zweite Verbindungsstelle 62 das Meßelement. Bei Anwesenheit eines paramagnetischen Gases in der Meßkammer 59 vermindert sich im Bereich hoher magnetischer Feldstärken, im vorliegenden Fall im Bereich des zweiten Luftspaltes 58, die Wärmeleitung, was eine entsprechende Temperaturerhöhung zur Folge hat.

Diese Temperaturerhöhung der zweiten Verbindungsstelle 62 gegenüber der ersten Verbindungsstelle 61 ist dann als Thermoelementspannung meßbar. Nach einer Signalfilterung mittels des Lock-In-Verstärkers 28 läßt sich der Anteil des nachzuweisenden Gases in der Gasprobe an der Anzeigeeinrichtung 30 ablesen. Im nächsten Arbeitszyklus ist die erste Feldspule 52 mit der Modulationsquelle 26 verbunden und die zweite Feldspule 56 ist stromfrei. Die erste Verbindungsstelle (61) ist dann das Meßelement und die zweite Verbindungsstelle (62) das Kompensationselement.

Die in der Fig. 8 veranschaulichte Anordnung mittels zweiter im Wechselspiel mit der Modulationsquelle 26 verbundenen Magnetfeldquellen 51, 55 und der Anordnung der Verbindungsstellen 61, 62 jeweils im ersten Luftspalt 54 der ersten Magnetfeldquelle 51 und im zweiten Luftspalt 58 der zweiten Magnetfeldquelle 55 hat den Vorteil, daß sich Temperaturschwankungen im Gasprobenstrom in erster Näherung auf beide Verbindungsstellen 61, 62 gleich auswirken und damit kompensiert werden. Auch die vom Magnetfeld verursachten, unerwünschten Variationen der Wärmeleitung in den zumeist ferromagnetischen Legierungen der Thermoelementmaterialien wirken sich kaum noch aus, da sie nur den Wärmetransport von der wärmeren zur kälteren Verbindungsstelle beeinflussen können. Diese Temperaturdifferenz ist aber deutlich geringer als die Temperaturdifferenz zwi-

schen der Thermoelementanordnung 60 und der Gasprobe.

Eine weitere Verbesserung wird durch die Einbringung eines idealerweise frei schwebenden Thermopiles 64 mit gegenüberliegenden ersten Verbindungsstellen 65 und zweiten Verbindungsstellen 66 in die Meßkammer 59 erzielt. Durch die Befestigung des Thermopiles 64 an nicht dargestellten Stützdrähten kann die Heizleistung weiter reduziert werden, da über die Stützdrähte keine Wärme abgeführt wird. Eine Anordnung mit einem Thermopile 64 ist als neunte Meßvorrichtung 900 in der Fig. 9 veranschaulicht. Gleiche Komponenten sind mit gleichen Bezugsziffern der Fig. 8 versehen.

Eine in der Fig. 10 gezeigte zehnte Meßvorrichtung 101 unterscheidet sich von der neunten Meßvorrichtung 900, Fig. 9, dadurch, daß auf einem Meßelementträger 70 zusätzlich zu dem Thermopile 64 ein erster Heizwiderstand 71 im Bereich der ersten Verbindungsstellen 65 und ein zweiter Heizwiderstand 72 im Bereich der zweiten Verbindungsstellen 66 angebracht ist. Der erste Heizwiderstand 71 befindet sich zusammen mit den ersten Verbindungsstellen 65 im ersten Luftspalt 54, während der zweite Heizwiderstand 72 zusammen mit den zweiten Verbindungsstellen 66 im zweiten Luftspalt 58 angeordnet ist. Der besseren Übersicht wegen ist der Meßelementträger 70 in der Fig. 10 außerhalb der Meßkammer 59 vergrößert dargestellt.

Gleiche Komponenten sind mit gleichen Bezugsziffern der Fig. 9 versehen.

Die Heizwiderstände (71, 72) sind über den Vorschaltwiderstand 19 an eine Heizstromquelle 73 angeschlossen, die als Gleich- oder Wechselstromquelle ausgebildet sein kann. Die Heizstromquelle 73 erhält die Stellgröße von einem Integrator 74. Mittels eines durch die Komponenten 19, 21, 22, 23, 42, 71, 72, 73 gebildeten Regelkreises werden die Heizwiderstände 71, 72 auf einen konstanten Widerstandswert geregelt, der der Bezugsspannung U_B proportional ist. Mit den Heizwiderständen 71, 72 wird das Thermopile 64 auf eine gegenüber der Temperatur der Gasprobe erhöhte Arbeitstemperatur aufgeheizt. Die Feldspulen 52, 56 werden über Dioden 75, 76 mit dem Modulationssignal versorgt.

Die Dioden 75, 76, die als Umschaltmittel für die Modulationsspannung dienen, sind so geschaltet, daß die Diode 75 jeweils die positive Halbwelle des von der Modulationsquelle 26 gelieferten Modulationssignals durchläßt und die Diode 76 die negative Halbwelle. Mittels der Dioden 75, 76 werden die Feldspulen 52, 56 wechselweise ein- und ausgeschaltet.

Bei Anwesenheit eines paramagnetischen Gases verändert sich jeweils in dem Luftspalt die Wärmeleitfähigkeit, dessen Feldspule mit dem Modulationssignal beaufschlagt ist. Dieses führt zu einer Temperaturdifferenz zwischen den Verbindungsstellen 65, 66, die mit dem Thermopile 64 als Thermoelementspannung gemessen werden kann. Nach einer phasenempfindlichen Gleichrichtung im Lock-in-Verstärker 28 und Elimination des Wechselspannungsanteils aufgrund der Magnetfeldmodulation durch die Glättungseinrichtung 29, ist der Gleichspannungsanteil, der der Konzentration des paramagnetischen Gases in der Gasprobe proportional ist, an der Anzeigeeinrichtung 30 ablesbar.

Bei der in der Fig. 11 veranschaulichten elften Meßvorrichtung 102 sind gegenüber der zehnten Meßvorrichtung 101, Fig. 10, auf einem Meßelementträger 77 der erste Heizwiderstand 71 und der zweite Heizwiderstand 72 angeordnet und zwischen den Heizwiderständen 71, 72 ist ein Thermoelementdraht 78 gespannt, der mittels einer ersten Verbindungsstelle 79 mit dem ersten Heizwiderstand 71 und mittels einer zweiten Verbindungsstelle 80 mit dem zweiten Heizwiderstand 72 verbunden ist. Der erste Heizwiderstand 71 und die erste Verbindungsstelle 79 befinden sich zusammen im ersten Luftspalt 54, während der zweite Heizwider-

stand 72 und die zweite Verbindungsstelle 80 im zweiten Luftspalt 58 angeordnet sind. Der besseren Übersicht wegen ist der Meßelementträger 77 in der Fig. 11 außerhalb der Meßkammer 59 vergrößert dargestellt. Gleiche Komponenten sind mit gleichen Bezugsziffern der Fig. 9, 10 versehen. Mit dem durch die Komponenten 19, 20, 21, 22, 23, 42, 71, 74 gebildeten Regelkreis wird der erste Heizwiderstand 71 auf einen, durch die Bezugsspannung U_B vorgegebenen, konstanten Widerstandswert geregelt. Dazu wird der Widerstandswert mit der Widerstandsmeßeinrichtung 42 gemessen und mit dem Sollwert der Bezugsspannung U_B verglichen. Bei Abweichungen wird die Wechselstromquelle 20 über den Integrator 74 nachgeregelt.

Der zweite Heizwiderstand 72 ist über einen Übertrager 81 und einen Vorschaltwiderstand 109 an eine Wechselstromquelle 201 angeschlossen. Eine Thermoelementanordnung, bestehend aus dem Thermoelementdraht 78 mit den Verbindungsstellen 79, 80 mißt die Temperaturdifferenz zwischen den Heizwiderständen 71, 72. Die Thermoelementspannung, die der Temperaturdifferenz proportional ist, wird mittels eines Tiefpasses 82 gefiltert und nach Signalaufbereitung in einem Integrator 704 zu einer Stellgröße für die Wechselstromquelle 201 umgesetzt. Bei eventuell vorhandenen Temperaturdifferenzen wird die Wechselstromquelle 201 entsprechend nachgestellt, bis die Thermoelementspannung zu Null geworden ist.

Die in den Heizwiderständen 71, 72 umgesetzten Leistungen spiegeln die Wärmeleitungsverhältnisse in den Luftspalten 54, 58 wider. Die in den Heizwiderständen 71, 72 umgesetzten Leistungen werden mit den Leistungsmeßgeräten 83, 84 erfaßt. Nach Signalfilterung in den Tiefpassen 85, 86 und Differenzbildung an einer Vergleichsstelle 87 wird das Differenzsignal in dem Lock-In-Verstärker 28 phasenempfindlich gleichgerichtet. Gegenüber der zehnten Meßvorrichtung 101 besteht der Vorteil darin, daß Temperaturänderungen kompensiert werden und daß die Ansprechzeit verkürzt ist.

Fig. 12 zeigt eine zwölfte Meßvorrichtung 103, bei der nur die Heizwiderstände 71, 72 auf einem Meßelementträger 88 angeordnet sind und sich jeweils im ersten Luftspalt 54 und zweiten Luftspalt 58 befinden. Die Heizwiderstände 71, 72 sind über den Vorschaltwiderstand 19 an eine Gleichstromquelle 89 angeschlossen, die eine Stellgröße über dem Integrator 74 erhält. Mit der Widerstandsmeßeinrichtung 42 wird der Gesamtwiderstand der Heizwiderstände 71, 72 gemessen und auf einen konstanten Wert geregelt.

Der zugehörige Regelkreis mit der Bezugsspannung U_B als Sollwert wird gebildet durch die Komponenten 19, 21, 23, 42, 71, 72, 74, 88. Das variierende Magnetfeld in den Luftspalten 54, 58 verändert die Wärmeleitung in Anwesenheit eines paramagnetischen Gases in der Gasprobe und führt zu einer Temperatur- und damit Widerstandsveränderung der Heizwiderstände 71, 72. Ein Hochpass 90 trennt die Gleichspannungsanteile ab und nach phasenempfindlicher Gleichrichtung im Lock-In-Verstärker 28 ist eine dem Anteil des paramagnetischen Gases proportionale Meßgröße an der Anzeigeeinheit 30 ablesbar.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Messen des Anteils eines paramagnetischen Gases in einer Gasprobe, **gekennzeichnet durch** eine modulierbare Magnetfeldquelle (4, 5, 6, 7) mit einem Luftspalt (3), eine Modulationsquelle (26) zur Abgabe eines Modulationssignals an die Magnetfeldquelle (4, 5, 6, 7), ein zumindestens teilweise innerhalb des Luftspaltes

(3) angeordnetes, durch eine Stromquelle (20) auf eine Arbeitstemperatur aufgeheiztes Meßelement (8) zur Abgabe eines Wärme flu ß - Me ß - Signales, eine mit dem Meßelement (8) verbundene Filtereinrichtung (28) zum Abtrennen von periodischen Schwankungen aus dem Wärme flu ß - Me ß - Signal aufgrund der Modulation der Magnetfeldquelle (4, 5, 6, 7), wobei die Amplitude der periodischen Schwankungen ein Maß für den Anteil des Gases in der Gasprobe ist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Meßelement eine Thermoelementanordnung (8) ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Meßelement aus einer Aneinanderreihung von gleichartigen Thermoelementen besteht, die zusammen ein Thermopile (34) bilden.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Stromquelle eine Wechselstromquelle (20) ist, wobei die Thermoelementenspannung, als Eigen-EMK der Thermoelementanordnung (8, 34), einen der Arbeitstemperatur proportionalen Meßwert liefert.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Filtereinrichtung ein phasenempfindlicher Gleichrichter in Form eines Lock-In Verstärkers (28) ist.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß ein erster Regelkreis (8, 19, 20, 21, 22, 23) zur Konstantregelung der Arbeitstemperatur der Thermoelementanordnung (8) mit der Thermoelementenspannung als Regelgröße vorhanden ist, wobei das Wärme flu ß - Me ß - Signal die der Thermoelementanordnung (8) zugeführte Heizleistung ist.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß ein zweiter Regelkreis (8, 19, 20, 21, 22, 23, 25) zur Konstantregelung der der Thermoelementanordnung (8) zugeführten Heizleistung vorgesehen ist, wobei das Wärme flu ß - Me ß - Signal die Thermoelementenspannung ist.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß ein dritter Regelkreis (8, 19, 20, 21, 22, 23, 33) zur Konstantregelung des durch die Thermoelementanordnung (8) fließenden Heizstromes vorgesehen ist, wobei das Wärme flu ß - Me ß - Signal die Thermoelementenspannung ist.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß ein vierter Regelkreis (8, 20, 21, 22, 23, 33) zur Konstantregelung der an der Thermoelementanordnung (8) anliegenden Heizspannung vorhanden ist, wobei das Wärme flu ß - Me ß - Signal die Thermoelementenspannung ist.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß ein fünfter Regelkreis (8, 19, 20, 21, 23, 42) zur Konstantregelung der Arbeitstemperatur der Thermoelementanordnung (8) vorgesehen ist mit dem Widerstand der Thermoelementanordnung (8) als Regelgröße, wobei das Wärme flu ß - Me ß - Signal die Thermoelementenspannung ist.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß zur Abtrennung der Heizwechselspannung von der Thermoelementenspannung eine symmetrisch beschaltete Meßbrücke vorgesehen ist, in deren Brückenzeigen jeweils seriell ohmsche Widerstände (19, 8; 39) und Kondensatoren (37; 38) angeordnet sind, wobei einer der ohmschen Widerstände die Thermoelementanordnung (8, 34) beinhaltet und daß die an den ohmschen Widerständen (19, 8; 39) abfallenden Spannungen einem Subtrahierer (40) zur

Differenzbildung zugeführt werden.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Modulationsquelle eine Wechselspannungsquelle (26) mit sinusförmigem Spannungsverlauf ist.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Modulationsquelle eine in dem Luftspalt (3) rotierende Chopperscheibe ist.

14. Verfahren zum Messen des Anteils eines paramagnetischen Gases in einer Gasprobe, gekennzeichnet durch die Schritte

in einem die Gasprobe aufnehmenden Luftspalt (3) einer modulierten Magnetfeldquelle (4, 5, 6, 7) ein auf eine Arbeitstemperatur aufgeheiztes Meßelement (8) anzuordnen,

ein Wärme flu ß - Me ß - Signal aus dem Wärme flu ß vom Meßelement (8) an die Gasprobe zu bestimmen, mit einer Filtereinrichtung (28) periodische Schwankungen aus dem Wärme flu ß - Me ß - Signal abzutrennen, die durch die Modulation der Magnetfeldquelle verursacht sind, und

aus den periodischen Schwankungen einen den Anteil des Gases angegebenden Konzentrations-Meßwert zu bestimmen.

15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, als Meßelement eine Thermoelementanordnung (8) zu verwenden.

16. Vorrichtung zum Messen des Anteils eines paramagnetischen Gases in einer Gasprobe gekennzeichnet durch

- eine erste modulierbare Magnetfeldquelle (51) mit einem ersten Luftspalt (54),
- eine zweite modulierbare Magnetfeldquelle (55) mit einem zweiten Luftspalt (58),
- eine Modulationsquelle (26) zur Abgabe eines Modulationssignals an die Magnetfeldquellen (51, 55),
- ein Umschaltmittel (63), welches die Modulationsquelle (26) im Wechselspiel mit der ersten Magnetfeldquelle (51) und der zweiten Magnetfeldquelle (55) verbindet,
- ein in den Luftspalten (54, 58) befindliches Meßelement zur Abgabe eines Wärme flu ß - Me ß - Signals, welches aus einer Thermoelementanordnung (60) mit zumindestens einer ersten Verbindungsstelle (61) und einer zweiten Verbindungsstelle (62) besteht, wobei die Thermoelementanordnung (60) derart positioniert ist, daß die erste Verbindungsstelle (61) im ersten Luftspalt (54) und die zweite Verbindungsstelle (62) im zweiten Luftspalt (58) liegt,
- eine mit der Thermoelementanordnung (60) verbundene Wechselstromquelle (20), durch welche die Thermoelementanordnung (20) auf eine gegenüber der Gasprobe erhöhte Arbeitstemperatur aufgeheizt wird,
- eine mit der Thermoelementanordnung (60) verbundene Filtereinrichtung (28) zum Abtrennen von periodischen Schwankungen aus dem Wärme flu ß - Me ß - Signal aufgrund der Modulation der Magnetfeldquellen (51, 55), wobei die Amplitude der periodischen Schwankungen ein Maß für den Anteil des paramagnetischen Gases in der Gasprobe ist.

17. Vorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß ein Regelkreis (60, 19, 20, 21, 23, 42) zur Konstantregelung der Arbeitstemperatur der Thermo-

elementaranordnung (60) vorgesehen ist mit dem Widerstand der Thermoelementanordnung (60) als Regelgröße.

18. Vorrichtung nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Thermoelementanordnung als ein Thermopile (64) mit gegenüberliegenden ersten Verbindungsstellen (65) und zweiten Verbindungsstellen (66) ausgeführt ist.

19. Vorrichtung zum Messen des Anteils eines paramagnetischen Gases in einer Gasprobe, gekennzeichnet durch

- eine erste modulierbare Magnetfeldquelle (51) mit einem ersten Luftspalt (54),
- eine zweite modulierbare Magnetfeldquelle (55) mit einem zweiten Luftspalt (58),
- eine Modulationsquelle (26) zur Abgabe eines Modulationssignals an die Magnetfeldquellen (51, 55),
- ein Umschaltmittel (75, 76), welches die Modulationsquelle (26) im Wechselspiel mit der ersten Magnetfeldquelle (51) und der zweiten Magnetfeldquelle (55) verbindet,
- ein in den Luftspalten (54, 58) befindliches Meßelement zur Abgabe eines Wärme fluß-Meßsignals, welches aus einer Thermoelementanordnung (64) mit ersten Verbindungsstellen (65) und zweiten Verbindungsstellen (66) besteht, wobei die Thermoelementanordnung (64) derart positioniert ist, daß die ersten Verbindungsstellen (65) im ersten Luftspalt (54) und die zweiten Verbindungsstellen (66) im zweiten Luftspalt (58) liegen,
- eine mit der Thermoelementanordnung (64) verbundene Heizquelle (71, 72), durch welche die Thermoelementanordnung (64) auf eine gegenüber der Temperatur der Gasprobe erhöhte Arbeitstemperatur aufgeheizt wird,
- eine mit der Thermoelementanordnung (64) verbundene Filtereinrichtung (28) zum Abtrennen von periodischen Schwankungen aus dem Wärme fluß-Meßsignal aufgrund der Modulation der Magnetfeldquellen (51, 55), wobei die Amplitude der periodischen Schwankungen ein Maß für den Anteil des paramagnetischen Gases in der Gasprobe ist.

20. Vorrichtung nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Heizquelle als ein erster Heizwiderstand (71) und ein zweiter Heizwiderstand (72) ausgeführt ist, wobei der erste Heizwiderstand (71) im ersten Luftspalt (54) und der zweite Heizwiderstand (72) im zweiten Luftspalt (58) angeordnet ist.

21. Vorrichtung zum Messen des Anteils eines paramagnetischen Gases in einer Gasprobe, gekennzeichnet durch

- eine erste modulierbare Magnetfeldquelle (51) mit einem ersten Luftspalt (54),
- eine zweite modulierbare Magnetfeldquelle (55) mit einem zweiten Luftspalt (58),
- eine Modulationsquelle (26) zur Abgabe eines Modulationssignals an die Magnetfeldquellen (51, 55),
- ein Umschaltmittel (75, 76), welches die Modulationsquelle (26) im Wechselspiel mit der ersten Magnetfeldquelle (51) und der zweiten Magnetfeldquelle (55) verbindet,
- ein in den Luftspalten (54, 58) befindliches Meßelement zur Abgabe eines Wärme fluß-Meßsignals, welches aus einer ersten Heizquelle (71),

einer zweiten Heizquelle (72), einem Thermoelementdraht (78) zwischen den Heizquellen, mit einer ersten Verbindungsstelle (79) zwischen dem Thermoelementdraht (78) und der ersten Heizquelle (71) und einer zweiten Verbindungsstelle (80) zwischen dem Thermoelementdraht (78) und der zweiten Heizquelle (72), besteht, wobei die erste Heizquelle (71) mit der ersten Verbindungsstelle (79) im ersten Luftspalt (54) liegt und die zweite Heizquelle (72) und die zweite Verbindungsstelle (80) im zweiten Luftspalt (58) angeordnet sind und wobei die Verbindungsstellen (79, 80) durch die Heizquellen (71, 72) auf eine gegenüber der Temperatur der Gasprobe erhöhte Arbeitstemperatur aufgeheizt werden,

- Mittel (83, 84, 87) zur Erfassung der Differenz der Heizleistungen von der ersten Heizquelle (71) und der zweiten Heizquelle (72) als ein Wärme fluß-Meßsignal,

- eine Filtereinrichtung (28) zum Abtrennen von periodischen Schwankungen aus dem Wärme fluß-Meßsignal aufgrund der Modulation der Magnetfeldquellen (51, 55), wobei die Amplitude der periodischen Schwankungen ein Maß für den Anteil des paramagnetischen Gases in der Gasprobe ist.

22. Vorrichtung zum Messen des Anteils eines paramagnetischen Gases in einer Gasprobe, gekennzeichnet durch

- eine erste modulierbare Magnetfeldquelle (51) mit einem ersten Luftspalt (54),
- eine zweite modulierbare Magnetfeldquelle (55) mit einem zweiten Luftspalt (58),
- eine Modulationsquelle (26) zur Abgabe eines Modulationssignals an die Magnetfeldquellen (51, 55),
- ein Umschaltmittel (75, 76), welches die Modulationsquelle (26) im Wechselspiel mit der ersten Magnetfeldquelle (51) und der zweiten Magnetfeldquelle (55) verbindet,
- ein in den Luftspalten (54, 58) befindliches Meßelement zur Abgabe eines Wärme fluß-Meßsignals, welches aus einer ersten Heizquelle (71) und einer zweiten Heizquelle (72) besteht, wobei das Meßelement derart positioniert ist, daß die erste Heizquelle (71) im ersten Luftspalt (54) und die zweite Heizquelle (72) im zweiten Luftspalt (58) liegt,
- eine mit den Heizquellen (71, 72) verbundene Gleichstromquelle (89), durch welche die Heizquellen (71, 72) auf eine gegenüber der Temperatur der Gasprobe erhöhte Arbeitstemperatur aufgeheizt werden und

- eine mit den Heizquellen (71, 72) verbundene Filtereinrichtung (28) zum Abtrennen von periodischen Schwankungen aus dem Wärme fluß-Meßsignal aufgrund der Modulation der Magnetfeldquellen (51, 55), wobei die Amplitude der periodischen Schwankungen ein Maß für den Anteil des paramagnetischen Gases in der Gasprobe ist.

23. Vorrichtung nach Anspruch 21 oder 22, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Heizquelle ein erster Heizwiderstand (71) und die zweite Heizquelle ein zweiter Heizwiderstand (72) ist.

24. Verwendung einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13 und 16 bis 23 zur Bestimmung der Sauerstoffkonzentration in einem medizinischen The-

rapiegerät.

Hierzu 12 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

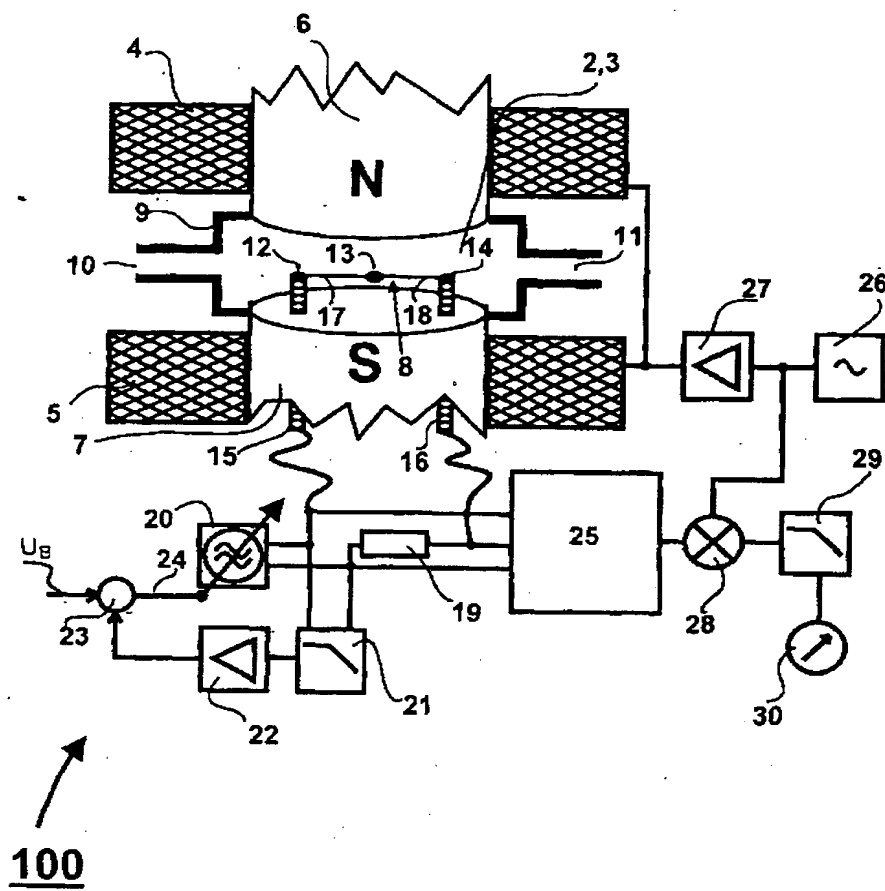


Fig. 1

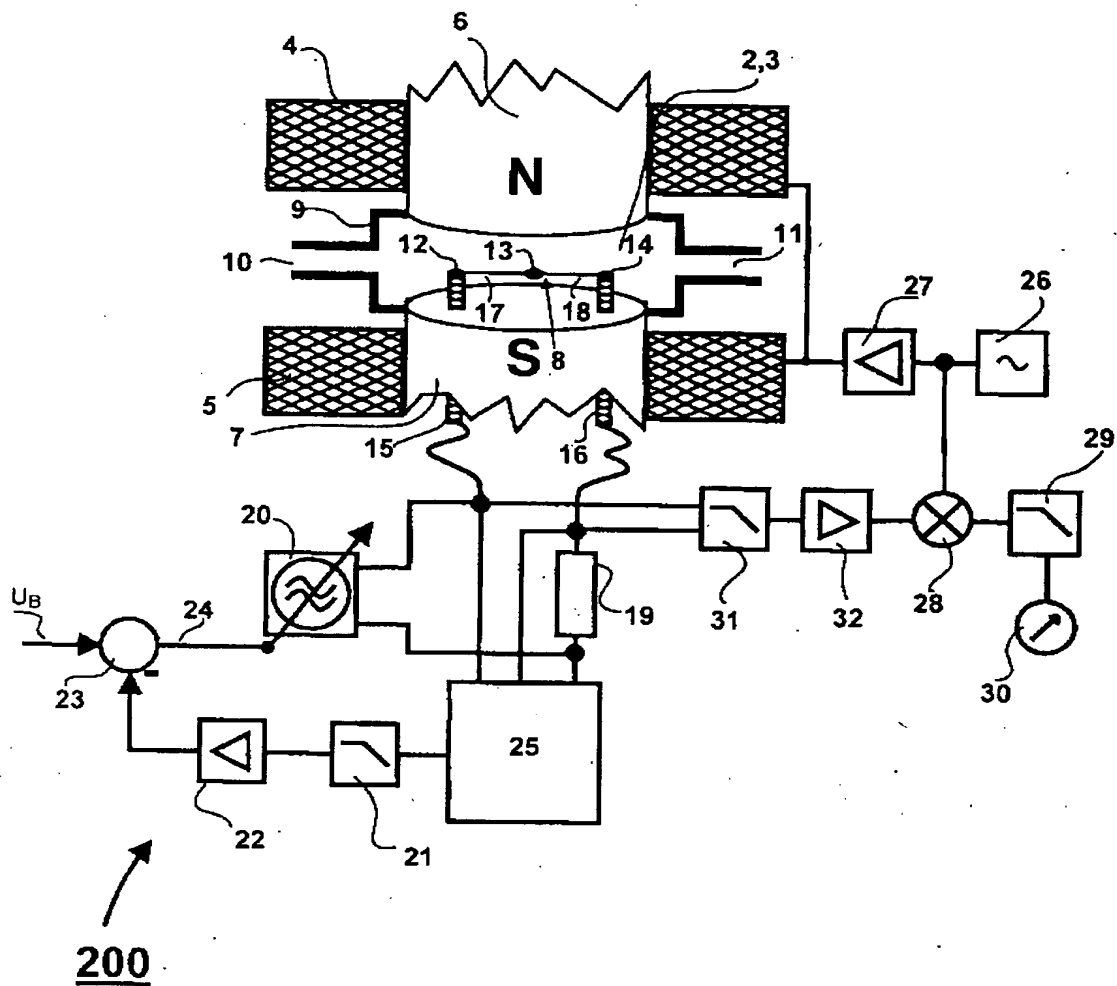


Fig. 2

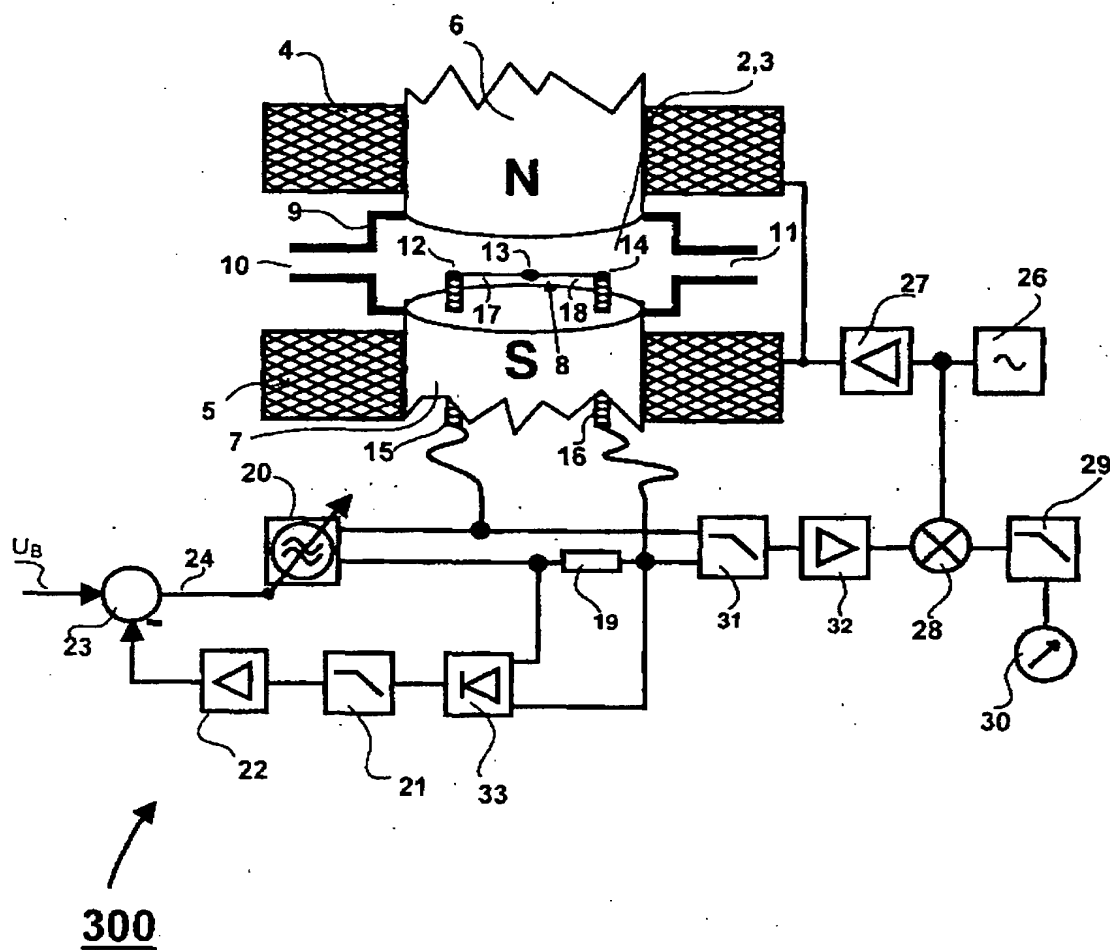


Fig. 3

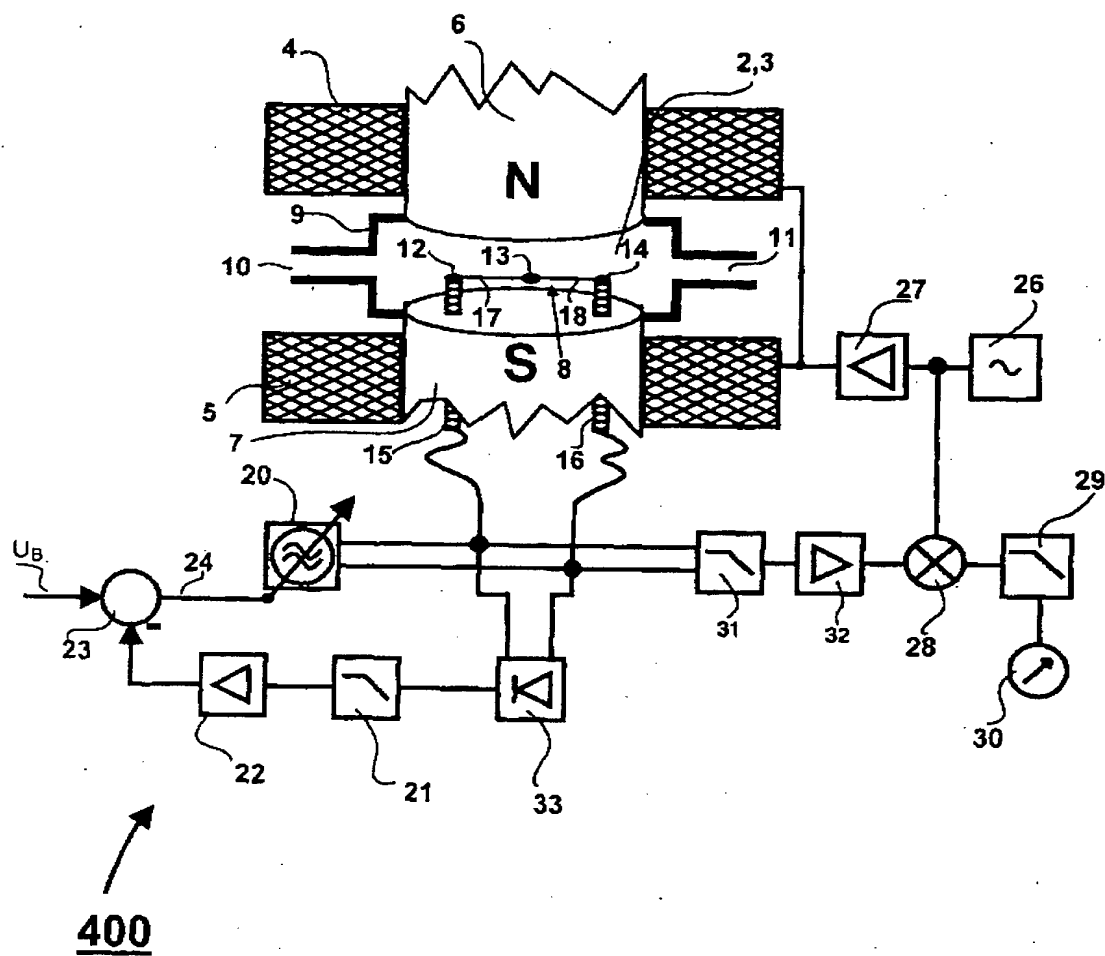


Fig. 4

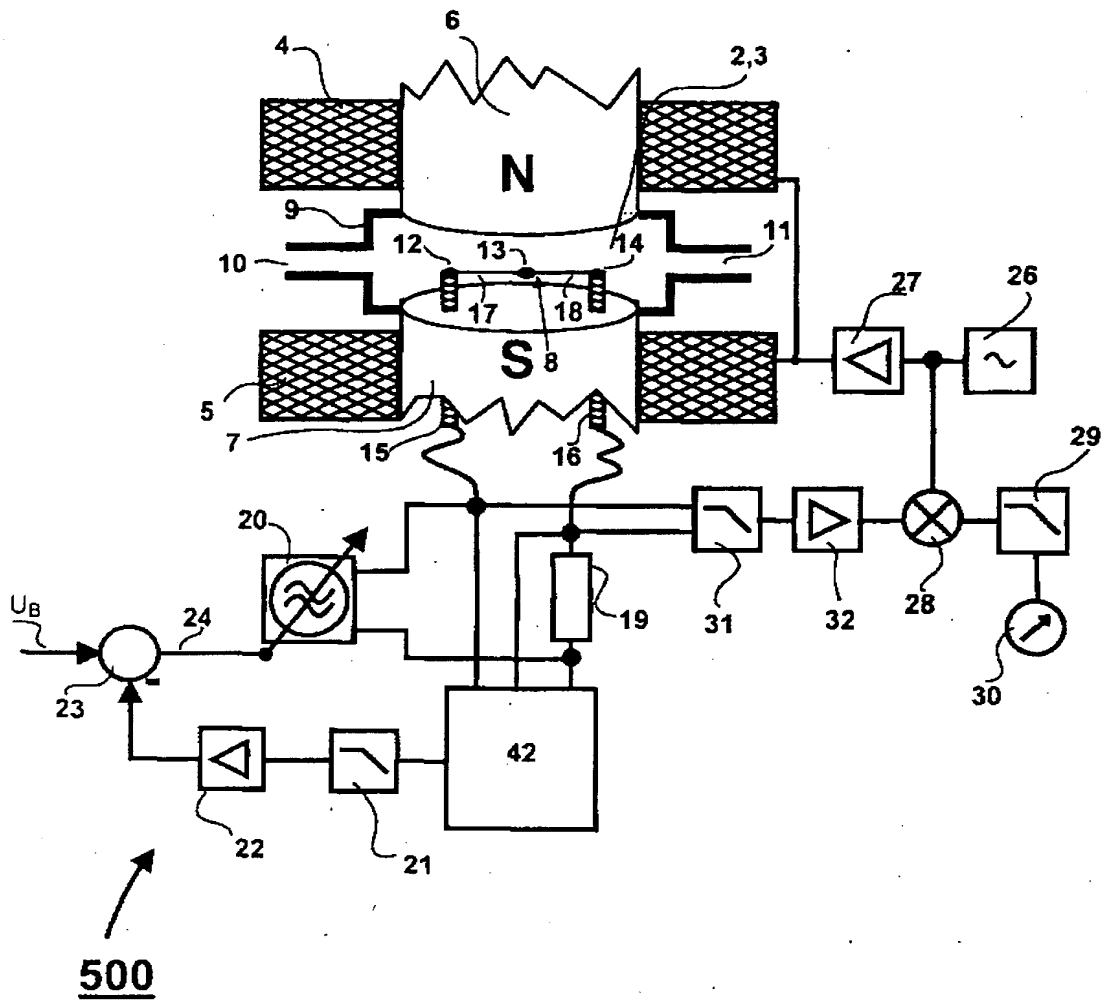


Fig. 5

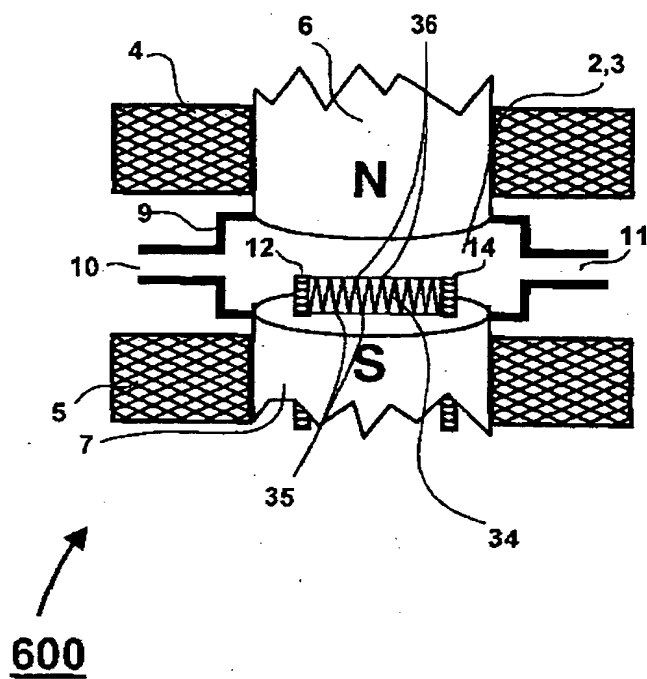


Fig. 6

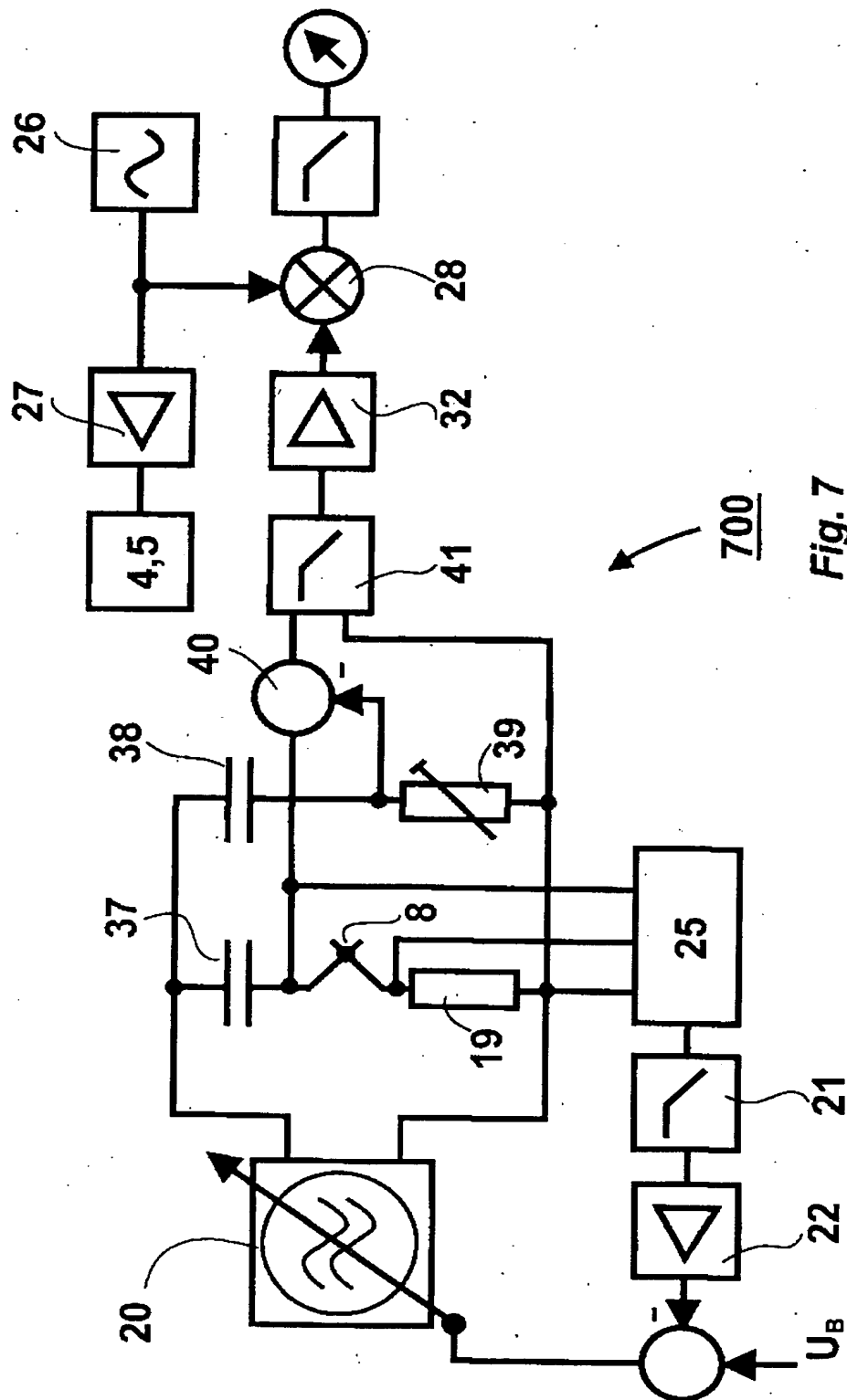


Fig. 7

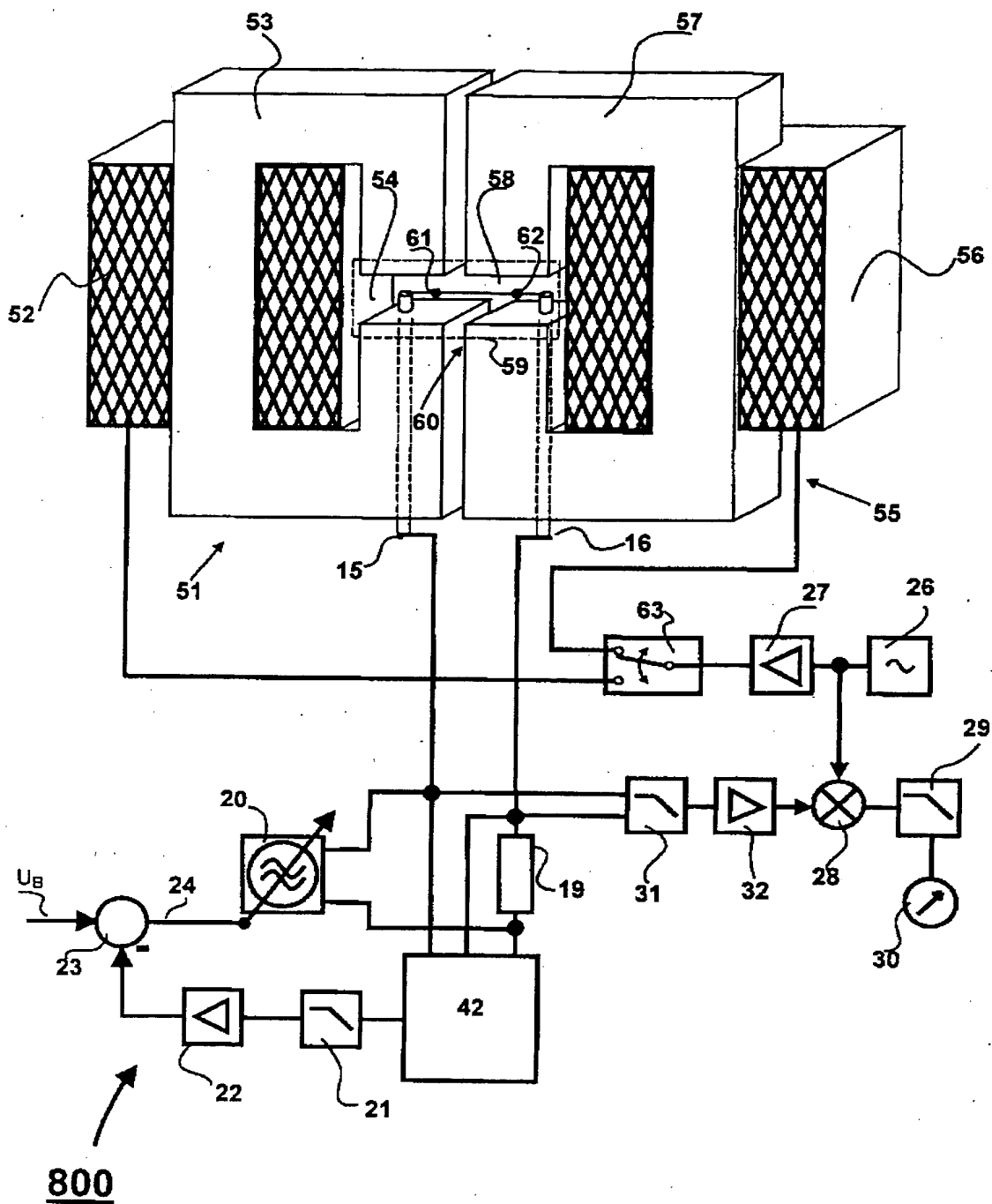


Fig. 8

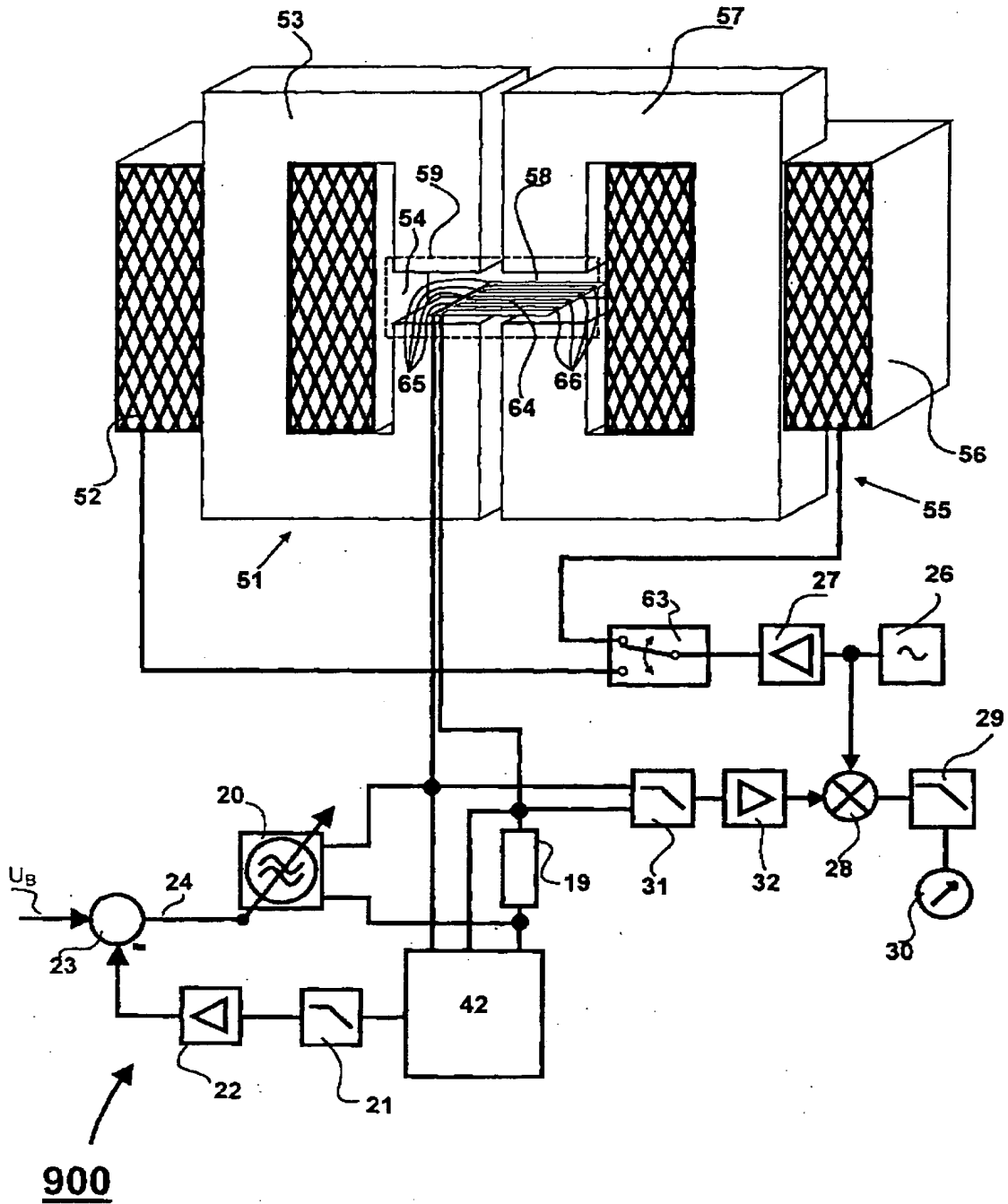


Fig. 9

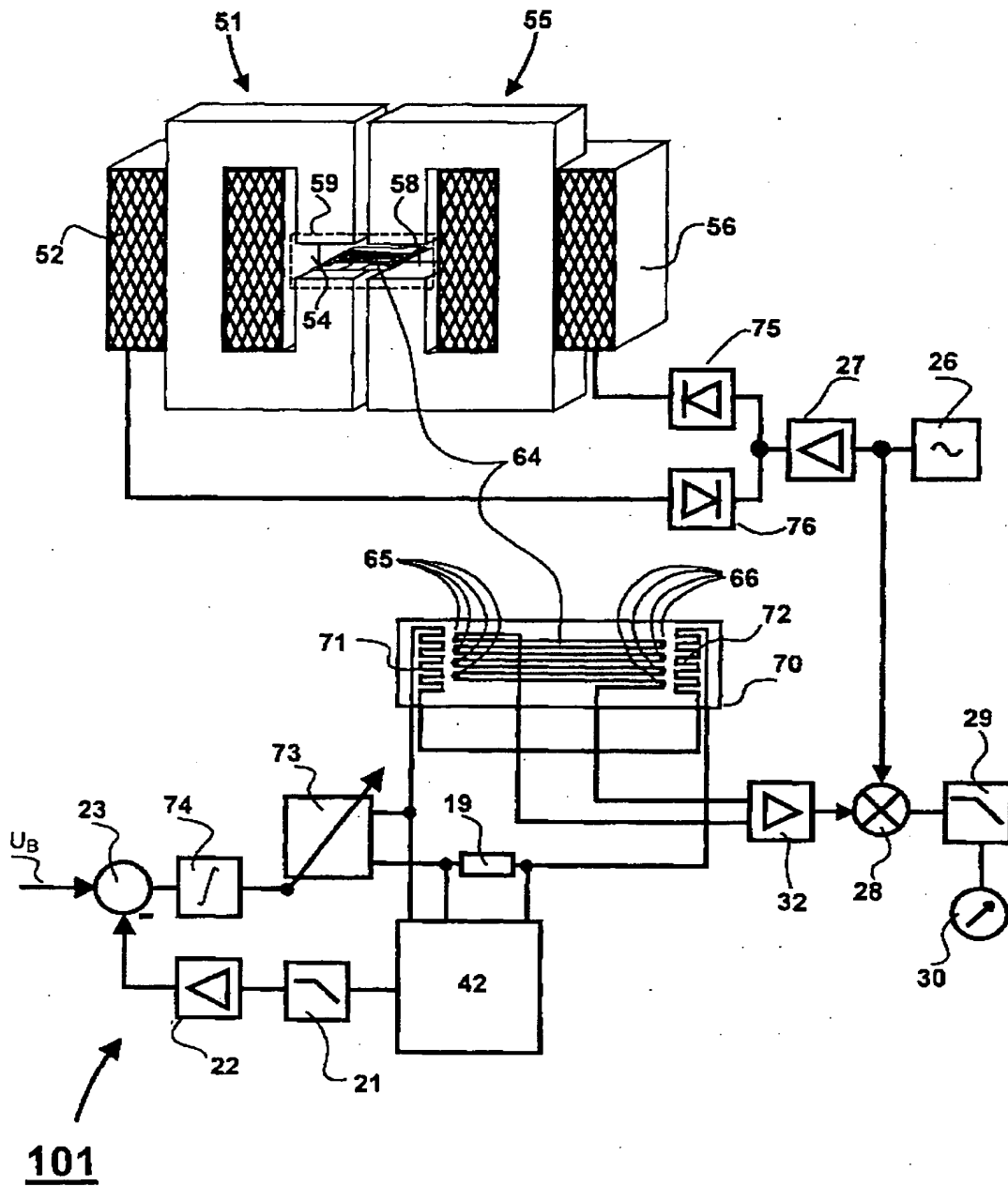


Fig. 10

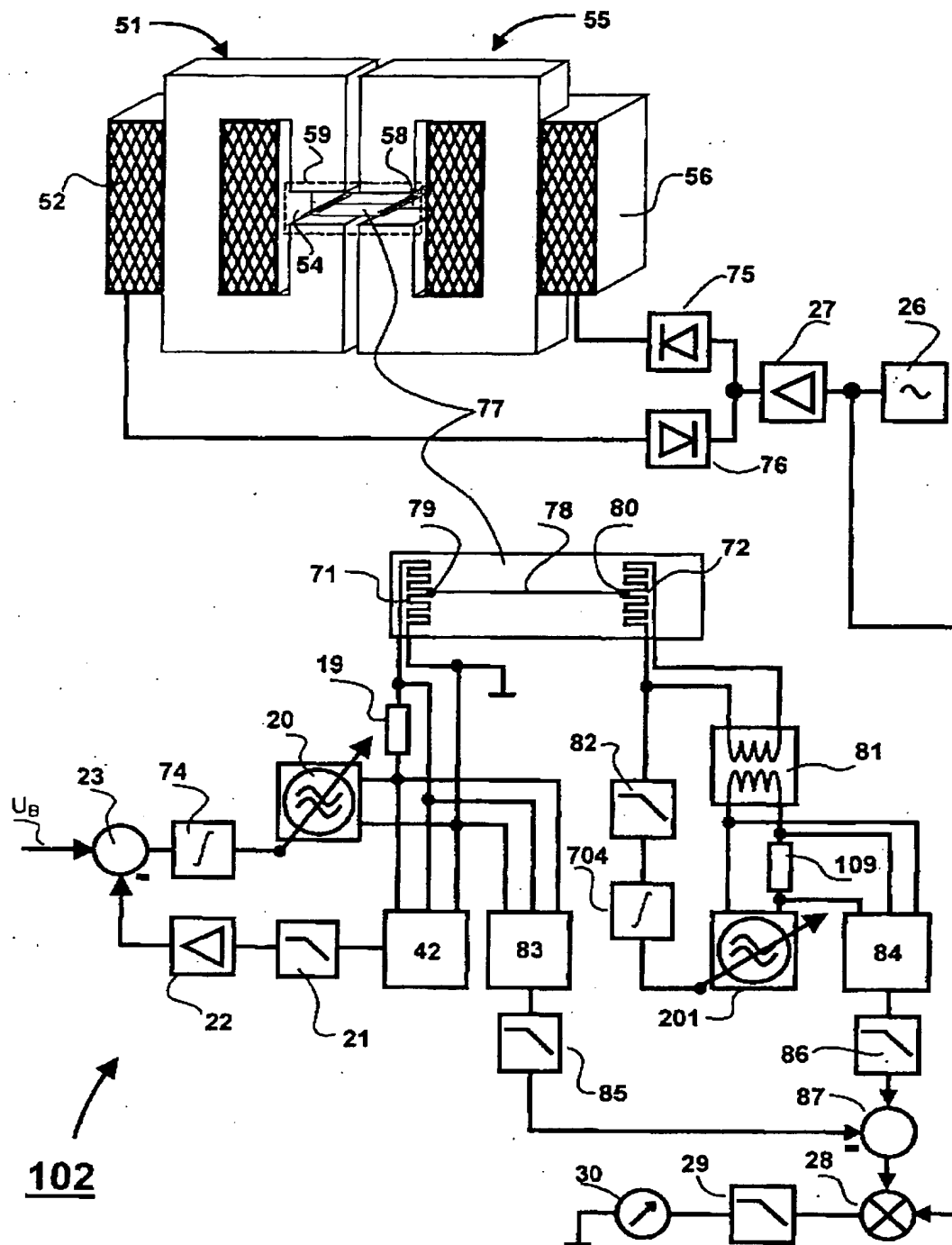


Fig. 11

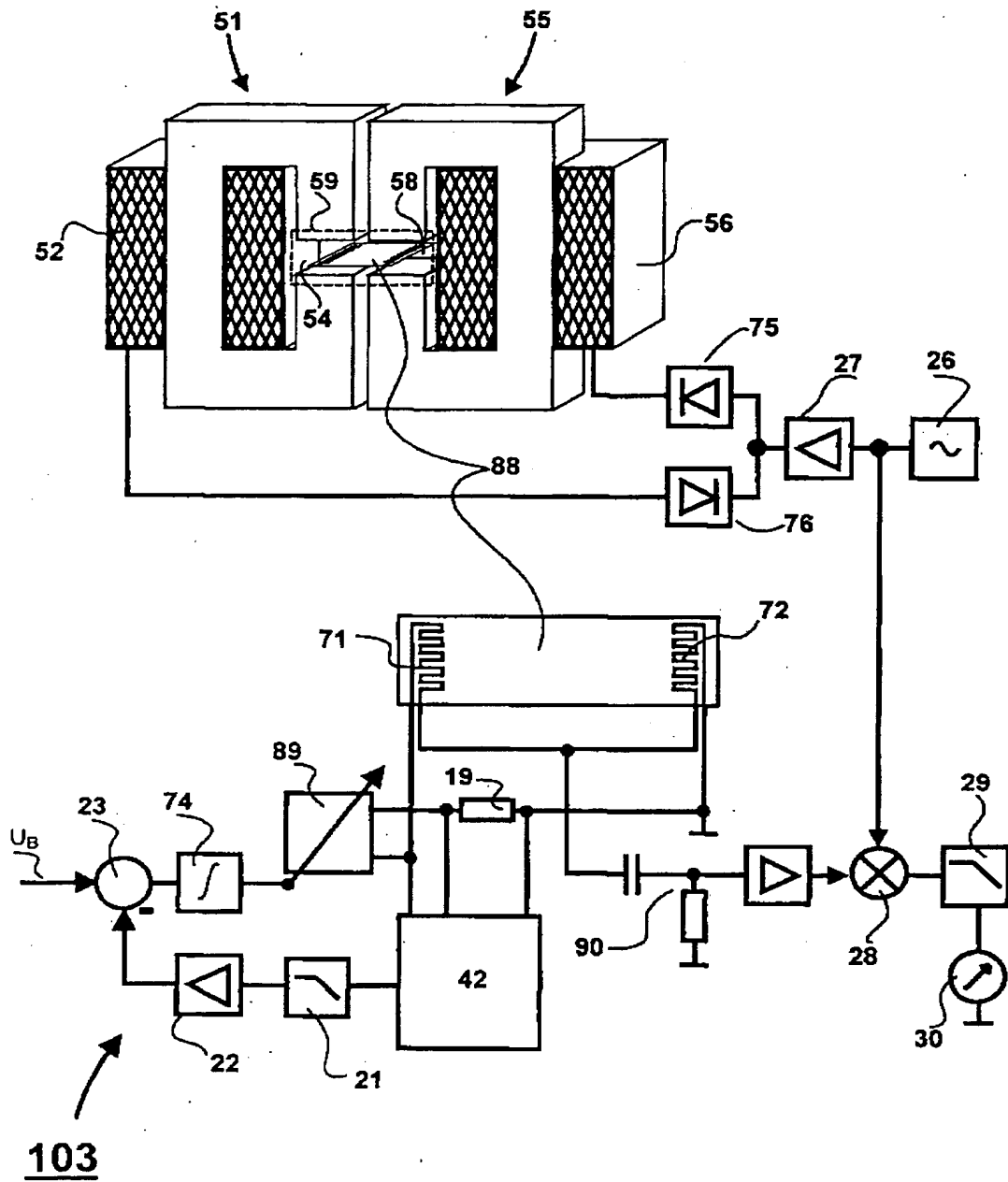


Fig. 12